



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 101 04 153 A 1**

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**A 61 B 5/12**

21 Aktenzeichen: 101 04 153.5  
22 Anmeldetag: 30. 1. 2001  
43 Offenlegungstag: 6. 6. 2002

DE 101 04 153 A 1

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

71 Anmelder:  
Siemens Audiologische Technik GmbH, 91058  
Erlangen, DE  
  
74 Vertreter:  
Zedlitz, P., Dipl.-Inf.Univ., Pat.-Anw., 80331  
München

72 Erfinder:  
Mergell, Patrick, Dr.rer.nat., 91052 Erlangen, DE

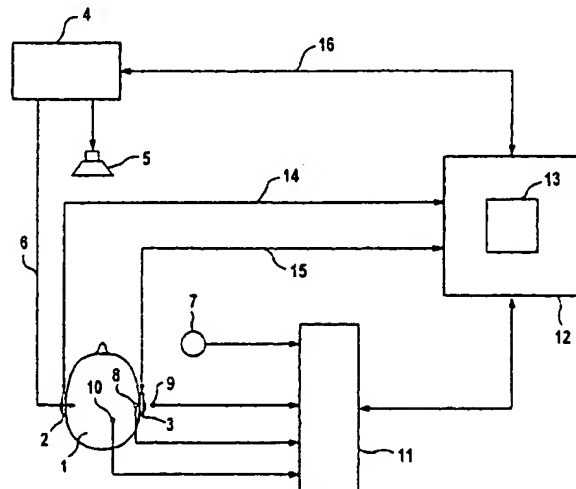
55 Entgegenhaltungen:  
DE 32 05 685 C2  
DE 199 05 743 A1  
DE 297 21 013 U1  
DE 297 06 627 U1  
US 58 25 894 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren sowie Apparatur zur individuellen Anpassung von Instrumenten zur auditorischen Stimulation an eine Person

57 Bei einem Verfahren zur individuellen Anpassung von Instrumenten zur auditorischen Stimulation einer Person an das Hörvermögen dieser Person werden zunächst Stimuli zur Stimulation der Person erzeugt. Anschließend werden subjektive Bewertungen; objektive Reizantworten der Person als Reaktion auf die dargebotenen Stimuli sowie physikalische Messwerte erfasst und einer Prozessoreinheit zur Auswertung zugeführt. Diese erzeugt aus den gewonnenen Daten Einstellparameter des Instrumentes zur auditorischen Stimulation. Die Erzeugung der Stimuli sowie Einstellparameter erfolgen vorzugsweise mittels eines Expertensystems. Das System ermöglicht eine umfassende Diagnose des Hörvermögens einer Person und parallel hierzu die Anpassung eines Instrumentes zur auditorischen Stimulation an das Hörvermögen.



DE 101 04 153 A 1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur individuellen Anpassung von Instrumenten zur auditorischen Stimulation einer Person an das Hörvermögen dieser Person sowie eine Apparatur zur Durchführung des Verfahrens.

[0002] Bei einem Instrument zur auditorischen Stimulation handelt es sich um ein Audiometer oder ein Hörhilfegerät, z. B. ein Taschengerät, ein Hinter-dem-Ohr-Gerät (HdO), ein In-dem-Ohr-Gerät (IdO), ein Cochlea-Implantat, ein Mittelohr-Implantat usw.

[0003] Die individuelle Anpassung des Instrumentes zur auditorischen Stimulation einer Person an diese Person erfolgt in der Regel im Dialog mit einem Akustiker. Der Person werden dabei unterschiedliche Testsignale dargeboten, die sie subjektiv wahrnimmt und ihre Eindrücke dem Akustiker mitteilt. Dieser vergleicht die Wahrnehmungen der Person mit den Eindrücken normal Hörender auf das jeweilige Testsignal. Aus den unterschiedlichen Empfindungen leitet der Akustiker Parameter ab, die in der Regel zu einer verbesserten Anpassung des Instrumentes zur auditorischen Stimulation an die Person führen. Dieses Vorgehen wird so lange wiederholt, bis die Person eine Anzahl an Testsignalen subjektiv ähnlich empfindet wie ein normal Hörender.

[0004] Aus der US 5,825,894 ist ein Audiometer zur Überprüfung des menschlichen Gehörs bei getragenen Hörgerät, simuliertem Hörgerät und ohne Hörgerät bekannt. Dabei wird als Reaktion auf eine Stimulation der Schalldruckpegel direkt vor dem Trommelfell erfasst und ausgewertet. Die so gewonnenen physikalischen Messwerte dienen zum Ermitteln von Hörgeräteparametern.

[0005] Eine umfassende Charakterisierung des Hörverlustes eines Schwerhörigen ist damit jedoch nicht erreichbar.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die individuelle Anpassung von Instrumenten zur auditorischen Stimulation einer Person an das Hörvermögen dieser Person zu optimieren.

[0007] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruches 1. Vorteilhafte Verfahrensvarianten sind in den Patentansprüchen 2 bis 5 gekennzeichnet. Die Aufgabe wird ferner gelöst durch eine Apparatur zur Durchführung des Verfahrens mit den Merkmalen des Patentanspruches 6. Vorteilhafte Varianten dieser Apparatur sind in den Patentansprüchen 7 und 8 angegeben.

[0008] Häufig geht es bei der audiologischen Technik darum, irreversible Hörschäden durch technische Hilfsmittel zu kompensieren. Dazu bedarf es detaillierter diagnostischer Informationen und genauer Kenntnis darüber, wie die gestörte Reaktion auf externe Stimuli normalisiert werden kann. Die Komplexität biologischer Systeme lässt es in der Praxis oft nicht zu, auf der Basis von a priori Annahmen geeignete Anpassparameter technischer Hilfsmittel aus Diagnosedaten zu folgern. Die Erfindung will Therapie und Diagnose kombinieren, indem die Verknüpfung von Ursache (physikalische Eigenschaften von Stimuli) und Wirkung (subjektive Bewertungen, objektive Körperreaktionen sowie physikalische Eigenschaften von Signalen) analysiert wird, um das Verhältnis von Ursache zu Wirkung zu normalisieren. Hierzu werden möglichst umfassend alle erhältlichen Daten zur Analyse der Daten in einer Prozessoreinheit zusammengetragen. Das Verfahren birgt dadurch erhebliches Potential zum Einsparen von Untersuchungs- und Anpasszeit. Dazu können Untersuchungen zur Charakterisierung eines Hörverlustes und deren Auswertung zur Gewinnung von Einstellparametern eines Hörhilfegerätes gleichzeitig erfolgen.

[0009] Zur Stimulation des Gehörs sind verschiedene Arten von Signalen (Stimuli) wie akustische, elektrische, elek-

tromagnetische oder mechanische Signale möglich. Die Stimuli sind dem Gehör sowohl über das Hörhilfegerät als auch extern, beispielsweise mittels externer Lautsprecher, als auch über direkte Verbindungen zu Gehörszellen, beispielsweise zur elektromagnetischen oder mechanischen Stimulation, zuführbar. Bei der Stimulation über das Hörhilfegerät werden diesem entweder von außen akustische oder elektrische oder elektromagnetische oder optische Testsignale zugeführt, oder die Testsignale sind im Hörhilfegerät gespeichert und werden ausgelesen, oder sie werden im Hörhilfegerät erzeugt. Damit sind insbesondere auch synthetisch erzeugte Testsignale zur Stimulation des Gehörs anwendbar. Vorzugsweise durchlaufen die über das Hörhilfegerät zugeführten Testsignale die Signalverarbeitungseinheit des Hörhilfegerätes, und die resultierende Stimulation des Gehörs erfolgt über den Ausgangswandler des Hörhilfegerätes.

[0010] Die Reaktion des Gehörs auf die Stimuli kann auf vielfältige Weise gemessen werden. Wesentliche objektive Methoden hierfür sind:

## Impedanzmessung

[0011] Die mechanischen Eigenschaften des Mittelohrsystems spiegeln sich in dessen Impedanz (komplexer akustischer Widerstand) wieder. Diese Größe hängt maßgeblich von den Massen der Gehörknöchelchen, den Dimensionen von äußerem Gehörgang und Paukenhöhle sowie von den Steifigkeiten der im Mittelohr befindlichen Ligamente und Muskeln ab. Daraus ergibt sich durch die Messung der Impedanz die Möglichkeit, Rückschlüsse über pathologische Veränderungen des Mittelohrsystems zu ziehen. Zu den wichtigsten Formen der Impedanzmessung gehören die Bestimmung der statischen Impedanz, d. h. Messung der Impedanz im Ruhezustand des Mittelohrsystems, und der dynamischen Impedanz, d. h. Messung der Impedanz während Veränderungen des Mittelohrsystems, z. B. unter Änderungen des Luftdrucks im äußeren Gehörgang (Tympänometrie), beim Öffnen der Ohrtrompete (Tubenfunktionsprüfung) oder während der Kontraktion der Mittelohrmuskeln (Reflexprüfung). Die lautstärkeabhängige Kontraktion des Musculus Stapedius bei Beschallung des Ohres ist insbesondere bei sehr lauten Schallereignissen wirksam und stellt eine Art Schutzmechanismus für das Gehör dar. Neuere Studien belegen, dass es einen Zusammenhang zwischen dem Reflex und subjektiven Schwellen wie der MCL (most comfortable level) und der UCL (uncomfortable level) gibt. Die Stapediusreflexmessung kann direkt durch Erfassen der Muskelpotentiale oder indirekt durch Ermittlung der Impedanzänderung erfolgen.

## Elektroenzephalographie (EEG)

[0012] Mittels eines Elektroenzephalographen werden bioelektrische Potentialschwankungen des Gehirns registriert, und zwar als Spontanaktivität (Spontan-EEG) oder als durch äußerliche Reize hervorgerufene evozierte Aktivität (evozierte Potentiale). Die Elektroden des mit Ableitungskanälen ausgestatteten Gerätes werden der Schädeldecke derart angelegt, dass die Kombination von je zwei differentiellen Elektroden (bipolare Ableitung) oder einer differentiellen Elektrode u. einer Referenz (unipolare Ableitung) zu gleichzeitigen Ableitungen verschiedener Hirnbereiche führt. Mittels Computer werden aus dem EEG die durch die akustischen Reize ausgelösten Potentialschwankungen (evozierte Potentiale) ermittelt.

## Magnetoezephographie (MEG)

[0013] Magnetoezephographie ist die biomagnetische Aufzeichnung der durch elektrische Hirnströme erzeugten Magnetfelder. Speziell Mehrkanalsysteme erlauben die Lokalisierung von Quellen gebündelter Nervenzellenaktivität mit einer Zeitaufösung im Millisekundenbereich und einer Ortsauflösung im Millimeterbereich. Die Meßmethode liefert essentielle Informationen über die zentrale Verarbeitung auditorischer Stimuli.

## Messung akustisch evozierter Ströme und/oder Potentiale (AEP)

[0014] Diese umfassen die durch Schallreize ausgelösten und im Normalfall mit auditorischen Wahrnehmungen verknüpften elektrischen Ströme oder Spannungen physiologischen Ursprungs, die bei der Signalweiterleitung und/oder -verarbeitung in den Nervenzellen auftreten und an verschiedenen Körperregionen ableitbar sind. Evozierte Ströme und/oder Potentiale entstehen beim Hörvorgang insbesondere in der Cochlea, im Hörnerv, im Hirnstamm oder in der Cortex. Häufig sind diese Signale jedoch nicht oder nur sehr schwierig an den Orten ihrer größten Intensität abgreifbar. Für den Signalabgriff leichter zugängliche Stellen sind die Schädeloberfläche oder geeignete Stellen des Innenohrs oder des äußeren Gehörgangs.

## Messung otoakustischer Emissionen

[0015] Das Ohr ist nicht nur ein Empfänger von Schallwellen, sondern sendet seinerseits auch akustische Signale geringer Intensität aus. Diese akustische Impulsantwort eines funktionsfähigen Ohrs bezeichnet man als "otoakustische Emission". Sie lässt Rückschlüsse auf die Funktionsfähigkeit des Ohrs zu. Zur Messung wird das Ohr akustisch stimuliert und die Reaktion mittels eines in den Gehörgang gerichteten hochempfindlichen Mikrofons erfasst.

[0016] Die bisher genannten Reaktionen eines Ohrs auf bestimmte Reize stellen nur einen Teil möglicher Reaktionen des Gehörs dar. Die Erfindung ist daher nicht auf diese beispielhaft genannten Reaktionen und deren messtechnischer Erfassung beschränkt. Die Reaktionen können einzeln zur Berechnung von Anpassparametern herangezogen werden, es sind jedoch auch beliebige Kombinationen von Messungen möglich, die insgesamt betrachtet letztendlich zu der Anpassung des Instrumentes zur auditorischen Stimulation führen. Insbesondere das Zusammenführen und Auswerten unterschiedlicher Messungen in einer Auswerteeinheit verbessert die Anpassung und verkürzt die Mess- und Anpassdauer erheblich.

[0017] Zum Optimieren von Anpassparametern eines Instrumentes zur auditorischen Stimulation ist das Verfahren gemäß der Erfindung vorteilhaft in einen Regelkreis eingebunden. Dabei ist der erste Schritt bei der Anpassung die Voreinstellung des Instrumentes aufgrund von Daten, die aus subjektiven Empfindungen der Person auf bestimmte Stimuli abgeleitet wurden (z. B. durch Ton- oder Sprachaudiometrie), sowie von Daten, die aus objektiven Messungen herrühren. Die Anpassregeln zur Voreinstellung sind einmalig anzuwenden und setzen das gestörte Hörvermögen einer Person zum Hörvermögen eines normal Hörenden in einen mathematischen Zusammenhang. Die daraus abgeleiteten Parameter zur Anpassung werden nachfolgend durch das Verfahren gemäß der Erfindung in einem Regelkreis optimiert. Der Regelkreis wird so lange durchlaufen, bis ein Abbruchkriterium erreicht ist. Als Abbruchkriterium kann beispielsweise gelten, wenn die subjektiven Bewertungen un-

terschiedlicher dargebotener Stimuli innerhalb der statistischen Schwankungsbreite der Bewertungen normal Hörenden auf diese Stimuli liegen.

[0018] Gemäß einer Variante der Erfindung erfolgt die Erzeugung oder Anpassung von Einstellparametern des Instrumentes zur auditorischen Stimulation unter Berücksichtigung von Messergebnissen, die nicht als Reizantwort der Person auf die Stimulation gelten. Ein Beispiel hierfür sind spontane otoakustische Emissionen.

[0019] Gemäß einer weiteren Verfahrensvariante erfolgt die Erzeugung und Anpassung von Einstellparametern des Instrumentes zur auditorischen Stimulation unter Berücksichtigung physikalischer Messwerte, die nicht als Reaktion der Person auf die zugeführten Stimuli gelten, die aber dennoch in Zusammenhang mit den Stimuli stehen. Beispielsweise ist dies der Schalldruckpegel vor dem Trommelfell als Reaktion auf bestimmte Stimuli. Zur Messung wird in den Gehörgang der betreffenden Person eine Messsonde eingebracht. So lässt sich insbesondere auch das Übertragungsverhalten eines Hörhilfegerätes überprüfen.

[0020] Vorteilhaft sind alle gewonnenen Bewertungen, Reizantworten sowie Messwerte einem Expertensystem zur automatischen Auswertung und/oder Erzeugung oder Anpassung von Einstellparametern zugeführt. Dieses umfasst vorzugsweise Fuzzy-Logik oder neuronale Strukturen.

[0021] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigt die Figur schematisch einen Kopf 1 eines Hörgeräteträgers mit zwei am Kopf getragenen Hörhilfegeräten 2 und 3. Diese stellen im konkreten Ausführungsbeispiel die Instrumente zur auditorischen Stimulation einer Person (des Hörgeräteträgers) dar, die an deren Hörvermögen anzupassen sind. Zur Stimulation des Hörgeräteträgers ist eine Stimulationseinheit 4 vorgesehen. Diese ermöglicht eine akustische Stimulation durch einen Lautsprecher 5 sowie die direkte elektrische Reizung von Gehörnerven mittels einer Elektrode 6. Zum Erfassen subjektiver Empfindungen des Hörgeräteträgers auf die dargebotenen Stimuli weist das System eine Eingabeeinheit 7 auf. Diese kann z. B. eine Tastatur sowie einen Bildschirm umfassen. Neben den subjektiven Empfindungen des Hörgeräteträgers werden auch physikalische Messgrößen im Zusammenhang mit der Stimulation gewonnen. So ist zum Erfassen des Schalldruckpegels im Gehörgang des Hörgeräteträgers zwischen dem Gehörgangseingang und dem Trommelfell ein Drucksensor 8 vorgesehen. Um das Signalübertragungsverhalten des Hörhilfegerätes 3 überprüfen zu können, ist neben dem Drucksensor 8 ein weiterer Drucksensor 9 vor dem Eingang des Gehörganges vorgesehen.

[0022] Zum Erfassen objektiver Reaktionen des Hörgeräteträgers auf die dargebotenen Stimuli weist das dargestellte System ferner am Kopf 1 des Hörgeräteträgers einen Potentialsensor 10 auf. Dieser erfasst Gehirnpotentiale als Reaktion auf die dargebotenen Stimuli. Weiterhin können in das System auch Messwerte aus Messungen eingehen, die nicht in direktem Zusammenhang mit der Stimulation stehen. Ein Beispiel hierfür ist die Erfassung spontaner otoakustischer Emissionen durch den Drucksensor 8.

[0023] Die so gewonnenen Eingaben und Messwerte sind zunächst einer Erfassungseinheit 11 zugeführt. In dieser erfolgt auch eine Weiterverarbeitung der Daten wie Mustererkennung, Merkmalsextraktion oder Merisierung. Anschließend werden die Daten zu einer Proessoreinheit 12 geleitet, die zur weiteren Auswertung der Daten und zur Koordinierung des gesamten Systems dient. Da die Zusammenhänge zwischen Stimulation, Reaktionen infolge der Stimulation und Hörgeräteparametern nur unvollständig mathematisch zu erfassen sind, umfasst die Proessoreinheit 12 ein neuro-

nales Netz 13. Insbesondere durch kleine Änderungen der Hörgeräteparameter und Stimuli sowie durch wiederholtes Durchlaufen des gesamten Prozesses wird die Reaktion des Hörgerägeträgers auf die dargebotenen Stimuli, insbesondere das subjektive Empfinden, mehr und mehr dem subjektiven Empfinden eines normal Hörenden auf die dargebotenen Stimuli angepasst. Die Prozessoreinheit 12 ist hierzu mittels bidirektionaler Signalpfade 14, 15 und 16 mit den Hörhilfegeräten 2 und 3 bzw. mit der Stimulationseinheit 4 verbunden. Zur Optimierung des gesamten Prozesses sind der neuronalen Struktur auch Daten zugeführt, die von vorausgehenden Untersuchungen der betreffenden Person oder von weiteren Hörgerägeträgern oder anderen Testpersonen stammen. Ferner ist in dem System auch Expertenwissen aus den Bereichen Stimulation, Hördiagnose sowie Anpassung von Hörgeräten vorhanden. Die Prozessoreinheit 12 stellt dadurch ein Expertensystem zur Erfassung von Hörschäden, Stimulation und Anpassung von Hörgeräteparametern dar.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur individuellen Anpassung von Instrumenten zur auditorischen Stimulation einer Person an das Hörvermögen dieser Person mit folgenden Schritten:
  - Erzeugung von Stimuli und Stimulation der Person,
  - Erfassung subjektiver Bewertungen und objektiver Reizantworten der Person als Reaktion auf die dargebotenen Stimuli,
  - Zusammenführung und automatische Auswertung der Reizantworten und Bewertungen,
  - automatische Erzeugung oder Anpassung von Einstellparametern des Instrumentes zur auditorischen Stimulation,
  - Wiederholung oben genannter Schritte, solange kein Abbruchkriterium erreicht ist, zur Optimierung der Einstellparameter.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die automatische Erzeugung oder Anpassung von Einstellparametern des Instrumentes zur auditorischen Stimulation unter Berücksichtigung von Messwerten aus Messungen am Gehör der Person erfolgt, die nicht auf einer Reizantwort der Person auf die Stimulation beruhen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die automatische Erzeugung oder Anpassung von Einstellparametern des Instrumentes zur auditorischen Stimulation unter Berücksichtigung von Messungen physikalischer Größen im Zusammenhang mit der Stimulation erfolgt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die automatische Erzeugung oder Anpassung von Einstellparametern des Instrumentes zur auditorischen Stimulation unter Anwendung selbstoptimierender Regelalgorithmen erfolgt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die automatische Erzeugung oder Anpassung von Einstellparametern des Instrumentes zur auditorischen Stimulation unter Anwendung eines Expertensystems erfolgt.
6. Apparatur zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5 zur individuellen Anpassung von Instrumenten zur auditorischen Stimulation, umfassend
  - eine Stimulationseinheit zum Erzeugen von Stimuli zur Stimulation der Person,
  - eine Erfassungseinheit zum Erfassen subjektiver Bewertungen und objektiver Reizantworten der Person als

Reaktion auf die dargebotenen Stimuli, eine Prozessoreinheit zur Auswertung der Reizantworten und Bewertungen und zur Erzeugung oder Anpassung von Einstellparametern des Instrumentes zur auditorischen Stimulation.

7. Apparatur nach Anspruch 6, wobei die Prozessoreinheit zur Auswertung der Reizantworten und Bewertungen und zur Erzeugung oder Anpassung von Einstellparametern des Instrumentes zur auditorischen Stimulation selbstoptimierende Regelalgorithmen umfasst.

8. Apparatur nach Anspruch 6 oder 7, wobei die Prozessoreinheit zur Auswertung der Reizantworten und Bewertungen und zur Erzeugung oder Anpassung von Einstellparametern des Instrumentes zur auditorischen Stimulation ein Expertensystem umfasst.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

